

Evaluación de áreas agrícolas con problemas de salinización para uso potencial en acuicultura en valle bajo del río Santa

Agricultural areas assessments with salinization problems for potential use in aquaculture at the lower valley of Santa river

Luis Angel Campoverde Vigo¹, Manuel Fukushima Nagaoka²

RESUMEN

Se cuantificó el área con diferentes grados de salinización en los suelos agrícolas del valle bajo del río Santa y se propuso un nuevo uso de estas a través de la acuicultura. El área, de 360 km², se ubicó entre las coordenadas WGS84: A (78° 39' 49"O y 08° 49' 20"S), B (78° 39' 43"O y 09° 02' 21"S), C (78° 31' 33"O y 09° 02' 17"S) y D (78° 31' 38"O y 08° 49' 17"S). En 38 estaciones, se tomaron muestras de 1 kg de suelo agrícola, realizándose análisis físicos y químicos. En el área de estudio se cultivó tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en estanques construidos en tierras salinizadas, y sus parámetros de rendimiento fueron comparados con cultivos tradicionales arroz (*Oryza sativa*) y maíz (*Zea mays*) en suelos salinizados y no salinizados. Las áreas afectadas con diferentes grados de salinización en el valle bajo del río Santa se incrementaron en 31,96% para suelos con alta salinidad y 5,16% para los suelos con muy alta salinidad, durante 1973-2008, totalizando 7 712,86 ha deterioradas, equivalente al 59,12% del total del área agrícola estudiada. La acuicultura a través de la crianza de tilapia roja se presentó como una actividad económica viable para el cambio de uso de los suelos agrícolas salinizados del valle bajo del río Santa y su reincorporación a la actividad productiva.

Palabras clave: Salinización de suelos, cultivo de tilapia.

¹ Biólogo Pesquero. Master of Science en Conservación Recursos Forestales. Profesor Principal Universidad Nacional del Santa lcampoverdevigo@yahoo.es.

² Biólogo Doctor en Ciencias Biológicas. Profesor Emérito Universidad Nacional de Trujillo.

ABSTRACT

Area with different salinization degrees in agricultural soils at the lower valley of Santa river was quantified, and aquaculture was proposed, as a new use of these soils. The area, of 360 km², was located between the WGS84 coordinates: A (78° 39' 49" W and 08° 49' 20" S), B (78° 39' 43" W and 09° 02' 21" S), C (78° 31' 33" W and 09° 02' 17" S) and D (78° 31' 38" W and 08° 49' 17" S). In 38 stations, samples of 1 kg of agricultural soil were taken physical and chemical analysis. In the study area was cultured red tilapia (*Oreochromis* spp.) in ponds, built on salinized lands; and its yield parameters were compared with those of traditional crops rice (*Oryza sativa*) and corn (*Zea mays*), in salinized and non-salinized soils. The affected areas with different degrees of salinization in the lower valley of the Santa river were increased by 31,96% for soils with high salinity and 5,16% with high salinity during 1973 - 2008, totaling 7 712,86 ha damaged, equivalent to 59,12% of the total of agricultural area studied. The aquaculture through the raising of red tilapia was presented as a viable economic activity for the use change of salinized agricultural soils of the Santa river lower valley and its returning to productive activity.

Key words: Salinization of agricultural soils, tilapia culture.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la caracterización de los problemas de salinidad en los valles de la costa se inició en la década 1970, a través del Centro de Recuperación de Tierras (CENDRET)¹ y la Sub-Dirección de Rehabilitación de Tierras²; clasificando a los valles de acuerdo a su porcentaje de afectación por salinidad y mal drenaje. El antecedente más cercano de este problema en valles costeros del Perú fue dado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales³; al reportar que el 40% de la superficie (150 000 ha) estaba seriamente afectada por la salinidad en grados de ligero a muy fuerte, debido, principalmente, al inadecuado manejo de aguas de riego y el mal drenaje en las partes bajas de los valles.

En la región Ancash, de las 31 pampas eriazas evaluadas en los valles de Santa, Lacramarca, Nepeña, Casma, Culebras y Huarney, el 33% se encontraban afectadas por la salinidad. Para el 2000, el 50% de las tierras de uso agrícola de la costa ya tenían problemas de salinización en diferentes grados de afectación⁴. En los valles Santa - Lacramarca, de las 14 985 ha cultivadas, 1 729 ha (11%) se encontraban ligeramente afectadas por la salinidad y 1 607 ha (11%) altamente salinizadas, representando el 22% de todas las aéreas cultivables de esta zona del país³.

Los elevados costos de recuperación de suelos agrícolas salinizados por métodos tradicionales genera la necesidad de otras alternativas de reutilización de este recurso. La acuicultura podría convertirse en una actividad productiva viable para estos fines⁵, siendo necesario para ello contar con información actualiza-

da sobre la magnitud de áreas agrícolas salinizadas. Casi la totalidad de antecedentes sobre esta problemática en la costa peruana están referidos a áreas distintas a la del estudio. Para el valle bajo del río Santa, la información data de hace 40 años, por lo que se planteó como problemas de investigación ¿Cuál es la superficie actual de área agrícola del valle bajo del río Santa, afectada por la salinización? ¿Es posible reincorporar a la actividad económica productiva las áreas agrícolas salinizadas mediante la acuicultura?

Como hipótesis de trabajo se planteó que: “En 1973³ de las 14 985 ha cultivadas en los valles Santa-Lacramarca, 3 336 ha (22 %) se encontraban afectadas por la salinización en grados desde ligeramente salino a muy salino; para el 2008, el área agrícola salinizada del valle bajo del río Santa, se incrementó, reduciendo su producción; sin embargo, dichas áreas pueden reincorporarse a la actividad económica productiva mediante el empleo de la acuicultura”. Los objetivos del estudio fueron cuantificar, al 2008, las áreas agrícolas del valle bajo del río Santa, afectadas por la salinización y demostrar la factibilidad de su uso potencial a través de la acuicultura, mediante del cultivo de *Oreochromis* spp. “tilapia roja” en estanques seminaturales instalados en el área.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Area de estudio y muestreo en campo

El área de 360 km² se ubicó entre las coordenadas: 78°39'49"O y 08°49'20"S, 78°39'43"O y 09°02'21"S, 78°31'33"O y 09°02'17"S y 78°31'38"O y 08°49'17"S;

en el margen izquierdo del río Santa, a 15 Km al norte de Chimbote, provincia del Santa, Región Ancash. Se establecieron 38 estaciones de muestreo y en cada una de ellas se colectó una muestra de 1 kg de suelo, compuesta por tres submuestras tomadas a 30 cm de profundidad y a 10 m alrededor del punto de referencia de la estación de muestreo.

Análisis de suelo

Las muestras, etiquetadas, se trasladaron al Laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional del Santa, para su análisis, donde utilizando metodologías y recomendaciones propuestas por Sadzawka *et al.*⁶, Cobertera⁷ y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)⁸, se determinó:

pH, en agua destilada y en solución KCl, con un potenciómetro HACH Sension 5.

Conductividad eléctrica (CE) en μScm^{-1} , mediante un conductímetro HACH Sension 5.

Salinidad, en términos de conductividad eléctrica, mediante la escala de salinidad de un suelo en función de su conductividad eléctrica⁶:

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Escala de salinidad del suelo
0 - 99	Muy baja
100 - 499	Bajo
500 - 999	Normal
1000 - 2999	Alto
> 3000	Muy alto

Materia Orgánica, por el método de calcinación. El porcentaje de materia orgánica (MO) se determinó con la fórmula:

$$\text{MO (\%)} = [(P_i - P_f)/P_i] \times 100$$

P_i: Peso seco inicial de la muestra.

P_f: Peso seco final de la muestra.

Modelado de salinidad en el área de estudio

Con los valores de CE de los suelos y la escala de salinidad⁶ se realizó un modelado, utilizando el método Kriging⁹, con el software SURFER 10.0 para Microsoft Windows 7, en base al cual, se calculó la superficie de suelos agrícolas en sus diversos grados de salinización.

Cultivo experimental de *Oreochromis* spp. "tilapia roja"

Se instaló en la margen izquierda del río Santa, Pampa San Bartolo, centro poblado de Ramú, Distrito de Santa, Ancash-Perú. En el mapa de isóneas de CE, tomando como referencia suelos con valores sobre los

3000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (suelos de muy alta salinidad) y utilizando un GPS Magellan 310, se replanteó un área de 500 m², donde se construyeron tres estanques de 100 m² cada uno. Se sembraron 3000 alevinos de 4,5 g de peso y 5,5 cm de talla, promedios, a una densidad de 10 peces por m², alimentándose dos veces al día (08:00 y 16:00 h) con extrusado de 45 a 30% de proteína (Nal-Tech), con una tasa de alimentación que varió del 8% al 2% de la biomasa total.

La calidad del agua se controló mensualmente, siguiendo métodos de análisis de uso corriente en piscicultura¹⁰, midiéndose temperatura superficial, oxígeno disuelto, anhídrido carbónico, dureza total y conductividad eléctrica.

Rendimiento del cultivo de *Oreochromis* spp. "tilapia roja"

Se midió el peso inicial y final del total de peces sembrados y cosechados en cada estanque, utilizándose una balanza con 0,1 g de sensibilidad. La cosecha se realizó a los seis meses de cultivo, registrándose también valores de supervivencia.

Determinación de la producción de cultivos agrícolas tradicionales

Los datos de producción de los cultivos *Oryza sativa* "arroz" y *Zea mays* "maíz", para el 2008, fueron tomados de la Dirección Regional Agraria de Ancash¹¹ del Ministerio de Agricultura, para la zona costa Santa - Lacramarca.

Rendimientos económicos y estudio comparativo de resultados entre el cultivo de "tilapia roja" y cultivos agrícolas tradicionales

Los rendimientos de los cultivos de *Oreochromis* spp. *O. sativa* y *Z. mays* se efectuaron mediante los análisis de rentabilidad con precio refugio¹². Para el análisis estadístico se empleó ANOVA y prueba de Tukey HSD, con un $\alpha = 0,05$ para ambos casos, utilizándose el software SPSS 15.0 para Microsoft Windows Xp¹³.

III. RESULTADOS

Conductividad eléctrica y salinidad de los suelos

Los valores de CE oscilaron entre 51,4 a 7 413,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Cuadro 1), correspondiendo a salinidades desde muy baja (0,0 ‰) a muy alta (4,1‰). El 42,96% del

suelo agrícola fue de alta salinidad (5 603,79 ha) y el 16,16% de muy alta salinidad (2 109,07 ha); totalizando 59,12% que equivalen a 7 712,86 hectáreas del total del área agrícola estudiada, ascendente a 13 047,79 ha.

El avance del proceso de salinización de los suelos en el valle bajo del río Santa desde 1973³ al año 2008 (Figura 1), tuvo un incremento del 22,00 % al 59,12 %, correspondiendo mayoritariamente a suelos de alta salinización.

Cuadro 1
DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN SU GRADO DE SALINIDAD

Salinidad del suelo	Estaciones de muestreo			Conductividad eléctrica (µScm-1)		
	Nº	Área(ha)	%	Valores mínimos	Valores Máximos	Valores Promedio
Muy bajo	01	29,29	0,22	51,40	51,40	51,40
Bajo	15	1894,30	14,52	180,10	475,70	357,78
Normal	05	3411,34	26,14	578,20	991,00	769,72
Alto	10	5603,79	42,96	1215,00	2611,00	1805,70
Muy alto	07	2109,07	16,16	3180,00	7413,00	4973,71
TOTAL	38	13047,79	100,00			

Cuadro 2
PESO, SUPERVIVENCIA Y BIOMASA TOTAL DE *Oreochromis* spp. "TILAPIA ROJA" EN SEIS MESES DE CULTIVO

Periodo	Peso (g)	Supervivencia (%)	Biomasa Total (kg)
Inicial	4,5 4,5 4,5	100,0 100,0 100,0	4,5 4,5 4,5
Final	210,2 250,6 221,3	92,0 83,0 89,2	193,5 208,0 197,5
Promedio	227,4	88,1	199,7

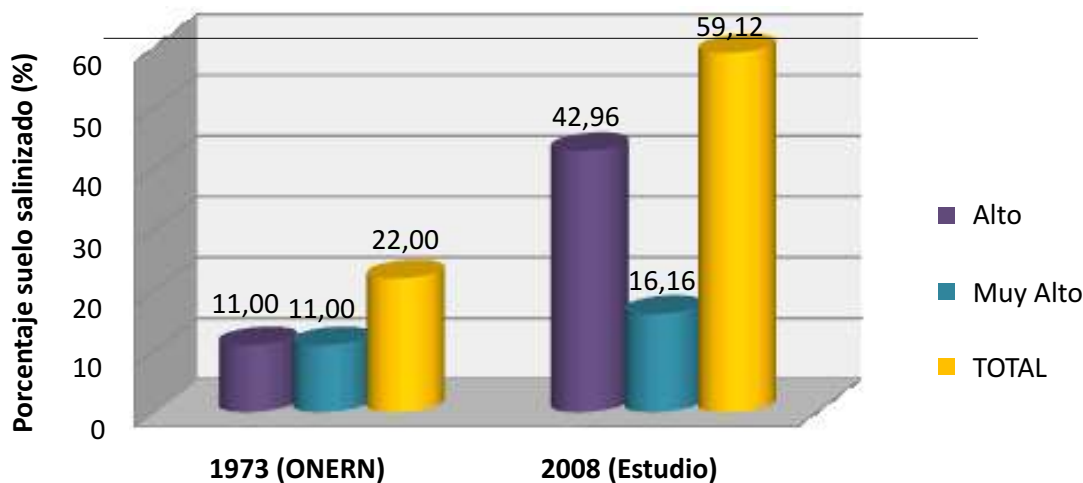


Figura1. Incremento de los suelos salinizados en el valle bajo del río Santa en el periodo 1973-2008.

Valores de pH y materia orgánica

El pH osciló entre 6,8 y 8,2, correspondiente a suelos agrícolas neutros a ligeramente alcalinos. Los contenidos de materia orgánica variaron de 2,1% a 10,9%.

Rendimiento del cultivo experimental de *Oreochromis* spp. "tilapia roja"

El rendimiento promedio final del cultivo de *Oreochromis* spp. "tilapia roja" fue de 199,7 kg/100 m² (Cuadro 2), equivalente a 15,97 t/ha. La supervivencia promedio al final del cultivo fue de 88,1 %.

Rendimiento comparado entre los cultivos *Oryza sativa* "arroz", *Zea mays* "maíz" y *Oreochromis* spp. "tilapia roja"

Los rendimientos (Cuadro 3) de los cultivos tradicionales *O. sativa* (13 t/ha) y *Z. mays* (10 t/ha) en suelos no salinizados, fueron superiores a los obtenidos en suelos con problemas de salinización, 7,83 t/ha para "arroz" y 9,17 t/ha para "maíz". El rendimiento de *Oreochromis* spp. en comparación con los ya indicados fue de 15,97 t/ha. La relación B/C de *O. Sativa* en suelos no salinizados fue de 2,5 seguido de *Oreochromis* spp. con 1,81.

Calidad de agua del cultivo de tilapia

Los parámetros de la calidad del agua utilizada en el cultivo de *Oreochromis* spp. "tilapia roja", se encuadraron dentro los valores adecuados para la crianza de esta especie.

IV. DISCUSIÓN

La salinización en las tierras agrícolas del valle bajo del río Santa se ha incrementado de 22% (3 336 ha) en el año 1973⁽⁹⁾ a 59,12% (7 712,86 ha) en el 2008, equivalente a 170% (Cuadro 1, Figura1). La salinización es uno de los principales problemas que enfrenta la actividad agrícola en los valles costeros del Perú¹⁴ al limitar la productividad de los cultivos¹⁵. El nivel freático alto y la mala calidad del agua de riego traen como consecuencia que las sales no sean lixiviadas en su totalidad a las capas profundas del suelo, originado que se acumulen en su superficie. La evaporación y la extracción de agua por los cultivos originan altas concentraciones de sales en la zona radical o muy cercana a ella impidiendo su desarrollo¹⁶.

Los valores de CE superiores a los 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, catalogan a los suelos estudiados como de alta salinidad. Este parámetro se correlaciona con las propiedades del suelo, al afectar la productividad de los cultivos, la textura, capacidad de intercambio catiónico, las condiciones de drenaje, la materia orgánica y salinidad del suelo. Un cultivo sobrevive en rangos diferentes de conductividad, dependiendo del tipo de sales del suelo, señalándose que valores menores a 500 mhos.cm^{-1} , promueven un buen desarrollo; de 500-1000 mhos.cm^{-1} , aparecen problemas en algunos cultivos y mayores a 1000 mhos.cm^{-1} , dificultan muchos cultivos⁽¹⁷⁾. Esto explica las diferencias encontradas entre los rendimientos y parámetros económicos, de los cultivos de arroz y maíz, en terrenos salinos y no salinos (Cuadro 3).

Cuadro 3

CUADRO COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE *Oryza sativa* "ARROZ", *Zea mays* "MAÍZ" Y *Oreochromis* spp. "TILAPIA ROJA"

Parámetros	Arroz 1 Suelo no Salinizado	Arroz 2 Suelo Salinizado	Maíz 1 Suelo no Salinizado	Maíz 2 Suelo Salinizado	Tilapia * Suelo Salinizado
Costo de Producción (S/.)	9215,76	9215,76	6436,26	6436,26	44145,74
Rendimiento Promedio por ha (TM)	13,00	7,83	10,00	9,17	15,97
Precio de Venta por TM (S/.)	1450,00	1450,00	900,00	900,00	5000,00
Valor Bruto de Cosecha (S/.)	18850,00	11358,33	9000,00	8250,00	79866,67
Utilidad Neta (S/.)	9634,24	2142,57	2563,74	1813,74	35720,93
Relación B/C	2,05 ^a	1,23 ^c	1,40 ^c	1,28 ^c	1,81 ^b

1 : Datos obtenidos del estudio de la Dirección Regional de Ancash - D.I.A, Enero del 2009.

2 : Datos obtenidos por encuestas a los agricultores de la zona de estudio, Enero del 2009.

* : Datos obtenidos del cultivo experimental de "tilapia roja", 2008.

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

Las cantidades excesivas de sal en el suelo afectan de manera adversa el crecimiento y desarrollo de las plantas. La germinación de la semilla y su vigor, el crecimiento vegetativo, la floración y desarrollo del fruto son afectados por las altas concentraciones de sales. Frente al estrés osmótico, las plantas responden con un amplio rango de respuestas fisiológicas a nivel molecular, celular y de organismo¹⁸; que incluyen cambios en el desarrollo y la morfología de las plantas, ajuste en el transporte iónico y cambios metabólicos. La presencia de sal en concentraciones elevadas en el suelo es factor de estrés común e importante en los desiertos y limita también el crecimiento y ocasionan la muerte de plantas en muchas regiones templadas¹⁹.

Gran parte de los suelos agrícolas del valle bajo del río Santa presentan condiciones de drenaje restringido, lo que dificulta el lixiviado, generándose una acumulación permanente y ascendente de sales. En la época de riego las sales acumuladas en la capa superficial son lavadas hasta mayor profundidad, o son redistribuidas dentro del perfil del suelo, más no eliminadas, repitiéndose año tras año. Cuando se deja de regar un campo durante dos o más años consecutivos, el suelo queda completamente salinizado e inutilizado. Es un aspecto común en zonas con clima seco y nivel freático elevado, terrenos completamente salinizados y sin uso, junto con terrenos aún cultivados pero con rendimientos reducidos.

La salinidad del suelo es una de las principales limitaciones para la productividad de los cultivos en todo el mundo. Los resultados obtenidos de rendimiento, valor bruto de cosecha, utilidad neta y la relación beneficio-costos, de los cultivos tradicionales *O. sativa* y *Z. mays* en el área de estudio, para terrenos con problemas de salinización al ser inferiores a los logrados en terrenos no salinizados, confirman esta aseveración (Cuadro 3), donde la producción de *O. sativa* (13 t/ha) y de *Z. mays* (10 t/ha) cultivados en suelos sin problemas de salinización son superiores.

El tiempo de recuperación de un suelo por los métodos tradicionales es relativamente largo y costoso, necesiándose nuevos para reincorporar los suelos afectados a la actividad productiva. El cuadro comparativo de rendimientos promedio de producción y económicos de *O. sativa*, *Z. mays* y *Oreochromis* spp., en la zona de estudio y el análisis económico realizado (Cuadro 3), permiten argumentar la conveniencia del cambio de uso de los suelos agrícolas salinizados del

valle bajo del río Santa adaptándolos para el desarrollo de la acuicultura, mediante la producción de *Oreochromis* spp., por presentar una rentabilidad superior a la que se obtiene con “arroz” y “maíz”, cultivados en suelos con problemas de salinización. Se añade que los costos fijos debidos a la construcción de infraestructura para la crianza de peces solo se dan el primer año y dada su vida útil son recuperados en un periodo de tres años⁵, por lo que su relación B/C mejoraría, superando inclusive a la obtenida por *O. sativa* en suelos no salinizados.

La ventaja de criar organismos acuáticos nadadores frente a la crianza de animales terrestres, estriba en que su densidad es próxima o igual a la del agua, prescindiendo la tarea de soportar su peso, lo que permite ahorro de energía orientándola a su crecimiento; su regulación térmica, por ser animales poiquilotermos, reduce también su gasto metabólico e incrementa la eficacia de conversión de los alimentos ingeridos; por ello los peces crecen 2,5 veces más que el ganado bovino y ovino y 1,5 veces más que los animales de corral²⁰. Los parámetros físicos y químicos del agua de crianza de *Oreochromis* spp. permiten afirmar que la calidad del agua de riego utilizada en el valle bajo del río Santa es apta para la crianza de este pez.

Los resultados de la presente investigación permitieron identificar una nueva alternativa de uso de suelos agrícolas salinizados de valles costeros del Perú, a través de la acuicultura. La práctica viable para la producción de proteínas, puede ser desarrollada en suelos salinizados.

V. CONCLUSIONES

Las áreas afectadas con diferentes grados de salinización en el valle bajo del río Santa se han incrementado en 31,96% para suelos con alta salinidad y 5,16% para los suelos con muy alta salinidad, durante 1973-2008, totalizando 7 712,86 ha deterioradas, equivalente al 59,12 % del total del área agrícola estudiada.

El rendimiento en peso de *Oreochromis* spp., cultivada experimentalmente en estanques construidos en terrenos agrícolas salinizados de la parte baja del valle del río Santa, utilizando tecnología apropiada a las condiciones del agricultor de la zona, fue de 15,97 t/ha, valor superior a los obtenidos para los cultivos tradicionales *Oryza sativa* “arroz” y *Zea mays* “maíz” en suelos salinizados y no salinizados.

La acuicultura a través de la crianza de *Oreochromis* spp. “tilapia roja” se presenta como una actividad económica viable para el cambio de uso de los suelos agrícolas salinizados del valle del río Santa y su reincorporación a la actividad productiva.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Oré, H.E. (1971). El CENDRET y las metas del desarrollo agrícola en el país. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Aguas e Irrigación. Centro de Drenaje y Recuperación de tierras. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 2 Dirección de Preservación y Conservación. Sub Dirección de Rehabilitación de Tierras (SUDRET). (1976). Evaluación y clasificación de las tierras según su condición de drenaje y salinidad. General de Aguas. DGA. Normativa técnica. 35p.
- 3 ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1977). La desertificación en el Perú. Documento preparado para: Conferencia de las Naciones Unidas sobre la desertificación. Nairobi, 29 de Agosto al 9 de Septiembre 1977.
- 4 Angulo, L. (2005). Análisis Ambiental en el Perú. Consultoría referida a Desastres Naturales. Comisión Nacional del Ambiente - Perú (CONAM). 35p.
- 5 Saldaña, G. (2002). Crianza experimental de *Oreochromis* spp. “tilapia roja” en estanques seminaturales, Nuevo Chimbote, Ancash. Univ. Nac. del Santa. Chimbote. 8p.
- 6 Sadzawka, A., Adriana, M., Demanet, R., Flores, H., Grez, R., Mora, M., Neaman, A., Sandoval, M. (2007). Métodos de análisis de lodos y de suelos. Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Santiago de Chile. Chile. 115p.
- 7 Cobertera, E. (1993). *Edafología Aplicada*. Suelos, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales. Ed. Cátedra. Madrid. 326p.
- 8 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (1994). Métodos Oficiales de Análisis. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. T.III.
- 9 Burgess, T.M., Webster, R. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I the semi-variogram and punctual kriging. *J. Soil Science*. 31:315-331.
- 10 Fkushima, M., Reyes, J., Sifuentes, G., Shimokawa, L., Saldaña, G., Castillo, G. (1982). Manual de Métodos Limnológicos. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 250p.
- 11 Dirección Regional Agraria de Ancash (DRAA). (2009). Costos de producción de los principales cultivos (Tecnología media y baja). Dirección de Información Agraria de la Dirección Regional Agraria de Ancash - Ministerio de Agricultura. Huaraz, Perú. 53p.
- 12 Horngren, C., Foster, G., Datar, S. (1996). Contabilidad de costos un enfoque gerencial. 8va edit. Edit. Prentice - Hall Hispanoamericana. México D.F. México. 970p.
- 13 Steel, R., Torrie, J. (1992). Bioestadística. Principios y Procedimientos. Edit. Graf. América. México. 622p.
- 14 Galarza, E. (1999). Gasto público en medio ambiente: Planteamiento metodológico de una base de datos. Universidad del Pacífico - Centro de Investigación (CIUP). 25p.
- 15 Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, C.J.P., Kwon, T.R. (2008). Some prospective for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy* 97, 2008, p. 45-110.
- 16 López, J., Larios, J.F., Ortega, M. (1990). El proceso de lixiviación de sales en un suelo salino tratado previamente con azufre elemental. Symposium N°: 29. Colegio de Posgraduados - Programa de Hidrociencias. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. México. 6p.
- 17 Garrido, S. (1994). Interpretación de Análisis de Suelos. Hoja de Divulgación. N°5/93 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 40p.
- 18 Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, K., Bohnert, H.J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51, 463-499.
- 19 Llerena-Villapando, F.A. (1998). Manual de diseño e instalación de drenaje parcelario en zonas áridas y semiáridas bajo riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Universidad Autónoma de Chapingo, Morelos, México.
- 20 Saldaña, G. (2011). Diseño y Construcción de Infraestructura Acuícola Continental. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 408p.